

реагувати на зміну струму в якорі двигуна для підтримання ослаблення поля двигуна в заданих межах. Графіки на рис.6, в своїй більшості, є тільки теоретичними, оскільки значна частина кривої F знаходиться в області, де $U_{dc(in)}$ менше 2-3В, що є несумісним з роботою напівпровідникових приладів DC-DC перетворювача.

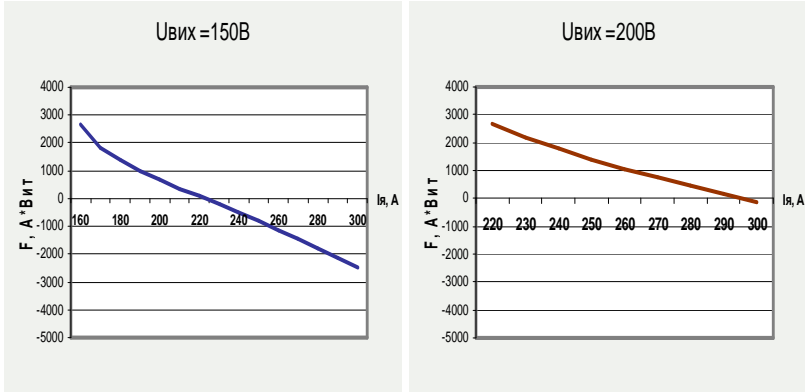


Рис.6 – Залежність м.р.с. з DC-DC ($U_{dc(out)} = \text{const}$)

- 1.Корягина Е.Е., Коськин О.А. Электрооборудование трамваев и троллейбусов. – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.
- 2.Ефремов И.С., Косарев Г.В. Теория и расчет троллейбусов (электрическое оборудование). Ч. 2. – М.: Высш. шк., 1981. – 248 с.
- 3.Гаврилов Я.И., Мнацаканов В.А. Вагоны метрополитена с импульсными преобразователями. – М.: Транспорт, 1986. – 229 с.
- 4.Андрійченко В.П., Закурдай С.О. Електричне обладнання рухомого складу міського електричного транспорту. Регулювання тягових електричних двигунів рухомого складу в режимі тяги. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 81 с.
- 5.Евгений Звонарев. Микросхемы для DC/DC-преобразователей от STMicroelectronics // Информационно-технический журнал для разработчиков электроники. – 2010. – №6. – С.7-9.

Отримано 04.03.2012

УДК 621.333

А.І.БЕСАРАБ, В.М.БУШМА, С.А.КАЛКАМАНОВ, д-р техн. наук
Харківська національна академія міського господарства

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Розглядаються основні напрямки модернізації тягових електричних машин постійного струму на основі досліджень магнітних систем та ізоляції.

Рассматриваются основные направления модернизации тяговых электрических машин постоянного тока на основе исследований магнитных систем и изоляции.

The main directions of modernization of traction dc electrical machines based on studies of magnetic systems and insulation.

Ключові слова: модернізація, тягові електричні машини постійного струму, магнітна система, ізоляція.

Для вирішення транспортної проблеми в Україні розпочато виробництво трамваїв і тролейбусів нового покоління. Тому для забезпечення необхідних динамічних показників рухомого складу бажано мати тягові електродвигуни (ТЕД), що відповідають підвищеним вимогам.

Це забезпечується відповідними параметрами електричних машин [1]. Оптимальний вибір параметрів, зокрема, магнітного кола тягового двигуна багато в чому визначає як якість процесу комутації, так і якість самої магнітної системи ТЕД. Основи якості ТЕД закладаються при проектуванні, тому актуальною є задача створення ефективної розрахункової бази для визначення оптимальної конструкції магнітної системи ТЕД.

Метод розрахунку магнітного кола ТЕД на основі схем заміщення магнітного кола в порівнянні з іншими відомими методами розрахунку має ряд переваг, серед яких: наочність його результатів, простота схеми, мобільність. Необхідні для розгляду ділянки можна легко досліджувати (розподіл потоків у зазорах, потоків розсіювання та ін.) нескладною модифікацією схеми заміщення. Метод легко алгоритмізується.

Метою роботи є визначення основних напрямків модернізації тягових електричних машин постійного струму на основі досліджень магнітних систем та ізоляції.

Для науково-методичного забезпечення процесу модернізації тягових двигунів пропонується оптимальний вибір параметрів магнітного кола тягових електродвигунів [2], а також метод теплового розрахунку багатополосових обмоток, що дозволяє на основі аналізу терміну служби ізоляції тягових двигунів прогнозувати залишковий технічний ресурс їх ізоляції [3].

Конструктивними особливостями тягових електричних двигунів (ТЕД) міського електротранспорту є їх самовентиляція і відсутність компенсаційної обмотки, що призводить до необхідності збільшення габаритів обмотки додаткових полюсів. Міжполюсний простір двигунів використано майже повністю. У той же час, тепловий фактор їх невеликий ($AS \times sa$ не перевищує $3000 \text{ A}^2 / \text{см} \times \text{мм}^2$, тут AS – лінійне навантаження в $\text{A}/\text{см}$, а sa – густина струму в обмотці якоря в $\text{A}/\text{мм}^2$). У зв'язку з

цим найбільш важливими питаннями щодо довговічності ізоляції обмоток є проблеми нагріву багатополосових обмоток головних і додаткових полюсів.

Надійність ізоляції останніх може бути оцінена за величиною терміну експлуатації до граничного стану D_F при незмінній робочій температурі, де F – клас ізоляції обмоток, а величина D_F задовольняє правилу Монтзингера

$$D_F = A_0 \cdot 2^{-\theta/\Delta\theta},$$

де A_0 – термін служби ізоляції (в роках), що відповідає для даного класу ізоляції постійній температурі, °С (ГОСТ 183-74, ГОСТ 2582-81); $\Delta\theta$ – постійна величина збільшення температури, при якій термін служби ізоляції зменшується вдвічі.

Тягові двигуни міського електротранспорту експлуатуються у режимах S6+S8, (ГОСТ 183-74), що характеризуються частими пусками й електричним гальмуванням двигунів, а також різними швидкостями.

Тому метод середніх втрат, застосований для розрахунку еквівалентного теплового режиму часто дає значну похибку при оцінці робочої температури θ . Тому більш прийнятно проводити оцінку витрат ресурсу ізоляції за певний інтервал часу Δt . Такого роду оцінка повинна робитися на підставі ресурсних випробувань рухомого складу.

Як зазначається в [4], сьогодні подібні випробування не проводяться, тому якісну картину розподілу витрати ресурсу ізоляції можуть дати дані ресурсних випробувань ТЕД для тепловозів. Зокрема, такі випробування проводилися для ТЕД, що випускаються НВО «Електроважмаш» [5]. Тягові трамвайні і троллейбусні двигуни типів ЕД 137А і ЕД138У2 цього виробника, що використовуються на новому вітчизняному рухомому складі, за конструкцією і технологією виготовлення подібні до досліджуваних.

Витрата ресурсу ізоляції оцінюється за методикою, наведеною в [3]. Визначено, що річна витрата технічного ресурсу ізоляції обмоток ТЕД складає: для обмоток додаткових полюсів – 2%, для обмоток головних полюсів – 1%, для обмоток якоря – 0,5% від усього терміну служби ізоляції двигуна (приблизно 50000 год.).

Оцінка теплового стану обмоток двигуна як на етапі його проектування, так і в умовах експлуатації, коли відомий його еквівалентний тепловий режим, може бути зроблена методиками розрахунку теплових полів, реалізованими у вигляді програм на ЕОМ. Перша з названих методик дозволяє робити розрахунок нестационарних теплових полів мето-

дом кінцевих елементів, виходячи з основного рівняння теплопровідності Фур'є [3].

Оптимальний вибір параметрів магнітного кола тягового двигуна багато в чому визначає як якість процесу комутації, так і якість самої магнітної системи ТЕД. Основи якості ТЕД закладаються при проектуванні, тому актуальною є задача створення ефективної розрахункової бази для визначення оптимальної конструкції магнітної системи ТЕД.

Для оптимізації геометричних параметрів і робочих характеристик тягових електродвигунів пропонується вдосконалений метод розрахунку їх магнітного кола. За даним методом, який опубліковано в [4, 5], магнітні провідності схеми визначаються за допомогою конформних перетворень інтеграла Кристофеля - Шварца [6, 7].

Аналіз магнітних кіл ТЕД показує, що магнітна асиметрія плечей ділянок станини і якоря, разом з іншими чинниками [8, 9] здатна впливати на розбіжність областей безіскрової роботи при регулюванні частоти обертання ТЕД. Для зниження впливу цього негативного явища в проєктах модернізації ТЕД можна пропонувати такі заходи [2]:

- вибір при проектуванні додаткових полюсів (ДП) зменшених значень відношення магніто-рушійних сил цих полюсів і якоря, тобто в діапазоні $1,08 \div 1,14$, у той час як для сучасних ТЕД це значення на рівні $1,25 \div 1,3$;
- розширення перетину станини між різнополярними головними і додатковими полюсами;
- відключення частини обмотки ДП при розгоні двигуна, що краще реалізується при шестиполусній магнітній системі і застосуванні кількох паралельних віток обмотки ДП.

Таким чином, на основі аналізу досліджень магнітних систем та ізоляції визначено основні напрямки модернізації тягових електричних машин постійного струму.

1. Міліх В.І., Шавьолкін О.О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / За ред. В.І. Міліх. – К.: Каравела, 2007. – 688 с.

2. Далека В.Ф. Оптимізація вибору параметрів магнітної цепі тягових електродвигателів // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 16. – К.: Техніка, 1998. – С.111-117.

3. Калиниченко Ю.С., Далека В.Ф. Прогнозирование надежности тяговых электродвигателей в электроприводах подвижного состава по тепловому режиму// Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.9. – К.: Техніка, 1997. – С.101-106.

4. Будниченко В.Б., Фоменко О.В. Основные принципы организации эксплуатационных испытаний троллейбусов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.7. – К.: Техніка, 1997. – С.59-62.

5. Штангеев В.И. и др. Исследование теплового состояния тяговых двигателей тепловоза ТЭП-70 // Тезисы докл. Респ. науч.-техн. конф. «Перспективы развития электромашиностроения на Украине». – Харьков, 1988. – С.130-131.

6. Анализ и расчет электрических и магнитных полей: Пер. с англ. / К. Бинс, П.М. Лауренсон. – М.: Энергия, 1970. – 376 с.

7. Практика конформных отображений: Пер. с нем. / В. Коппенфельс, Ф. Штальман. – М.: ИЛ, 1963. – 406 с.

8. Курбасов А.С. Повышение работоспособности тяговых электродвигателей. – М.: Транспорт, 1977. – 233 с.

9. Готтер Г. Нагревание и охлаждение электрических машин. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 480 с.

Отримано 09.03.2012

УДК 629.427

В.О.ШМАТКОВ, канд. техн. наук, Р.Ф.ЯБЛОНСЬКИЙ

Державне підприємство “Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства”, м.Київ

М.В.ХВОРОСТ, д-р техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

СУЧАСНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БЕЗБАЛАСТНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІ РЕЙКОВОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Розглядаються сучасні технічні рішення щодо використання безбаластних систем під час будівництва та реконструкції рейкового полотна залізничної колії.

Рассматриваются современные технические решения по применению безбалластных систем при строительстве и реконструкции рельсового полотна железнодорожного пути.

Reviews new technical solutions for use special systems during construction and reconstruction of railway systems.

Ключові слова: залізнична колія, рейкове полотно, безбаластна система.

Однією з актуальних задач колійного транспорту є підвищення експлуатаційної надійності колії та безпеки руху в умовах організації руху поїздів з встановленими та підвищеними швидкостями.

Сучасні умови експлуатації залізниць та трамваїв України потребують підвищення експлуатаційної надійності залізничної колії, стабільності її параметрів на всій довжині, в тому числі і на ділянках переходу до мостів, на інтегрованому рейково-автодорожньому покритті, на переїздах і пішохідних переходах. Вказані ділянки є несприятливими зонами, оскільки на них в процесі експлуатації утворюються геометричні нерівності.

На ділянках колії з геометричними нерівностями посилюється вплив рухомого складу на колію, що призводить до підвищених розладів конструкції верхньої будови колії, збільшення шуму та вібрації, викликає в ряді випадків необхідність обмеження швидкостей руху, знижує пропускну спроможність залізничної лінії, а також потребує додаткових витрат на виправлення колії.